

明 細 書

センサ内蔵タイヤ及びタイヤ状態推定方法

技術分野

- [0001] 本発明は、タイヤトレッド部にセンサを内蔵したセンサ内蔵タイヤと、このタイヤを用いて走行中のタイヤの状態を推定する方法とに関するものである。

背景技術

- [0002] 自動車の走行安定性を高めるため、タイヤが発生している横力や荷重、あるいは、タイヤと路面間の摩擦係数(路面摩擦係数 μ)などを精度良く推定し、車両制御へフィードバックすることが求められている。これらの情報により、例えば、ABSブレーキのより高度な制御等が可能になり、安全性が一段と高まることが予想される。

従来、タイヤをセンサのように用いてタイヤに発生している力を推定する方法としては、例えば、タイヤサイド部を磁化するとともに、タイヤ外部に設置した磁気センサにより上記タイヤサイド部の捩じれ度合を測定し、この測定された捩じれ度合からタイヤの前後力を推定したり、タイヤが横力を受けた際にベルトリング全体が変形することを利用して、上記磁気センサの検出出力の大きさからタイヤに発生している横力を推定する方法が提案されている(例えば、特許文献1参照)。

特許文献1: 米国特許第5, 895, 854号

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0003] しかしながら、上記従来の方法では、タイヤ前後力については精度良く測定できるが、横力に関してはゲインが小さいため精度的に問題があった。また、経時変化により、着磁したタイヤサイド部の磁力が弱くなると推定値が合わなくなり、特に、ゲインが小さい横力の検出は極めて困難であった。

- [0004] 本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、横力や荷重などの走行中のタイヤの状態を精度良くかつ安定して推定して、車両の走行安全性を向上させることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明者らは、鋭意検討の結果、走行中のタイヤに横力が発生した場合には、上記横力の大きさにより、タイヤ踏面の車体側と外側とでは接地長が異なることに注目し、走行中のタイヤの車体側と外側との接地長をそれぞれ検出することにより、横力や荷重が作用した場合のタイヤの状態を精度良く推定することができることを見出し本発明に到ったものである。

詳細には、タイヤに横力が発生すると、トレッドとベルトからなるタイヤは、踏面部においてタイヤ軸方向に力を受ける。このとき、タイヤトレッドリングが変形するため、その接地形状が、図15(a), (b)の模式図に示すように、タイヤ軸方向中心に対して一方の側の接地長が長くなり、他方の側が短くなることが知られている。そこで、このようなタイヤ踏面の挙動を検出することにより、タイヤに加わっている力をモニタリングできるのではないかと考え、幾つかの検出方法を検討して実施した。その結果、タイヤ踏面のタイヤ軸方向中心に対して両側(車体側、反車体側＝外側)に位置する2点の接地長を計測しこれらの比(接地長比)と横力の大きさとの関係を調べたところ、上記接地長比と横力の大きさは良好な相関関係を示すことが分かった。特に、この2点がタイヤ軸方向中心に対して等距離にある場合には極めて良好な相関関係を示す。また、横力が発生した場合でも、上記2点の接地長の平均値と荷重との間にも良好な相関関係があることから、タイヤに加わる荷重についても精度よく求めることができる。

したがって、タイヤトレッド部にセンサを配置して走行中のタイヤの車体側と外側との接地長をそれぞれ検出することにより、横力や荷重などのタイヤ発生力を正確に検出ことができ、タイヤの状態を精度良く推定することができる。

なお、この関係はタイヤのグリップ限界近傍でも同様であって、スリップ角が大きくなって横力が上限値に近くなると、接地長比も横力と同様にある程度の値よりは大きくならない。

[0006] 本願の請求項1に記載の発明は、走行中のタイヤの状態を検出するためのセンサを内蔵したタイヤであって、タイヤトレッド部に作用する路面からの入力を検出するタイヤ入力検出手段を、タイヤベルト層より径方向外側のトレッドゴム内に少なくとも2つ装着したことを特徴とするものである。

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載のセンサ内蔵タイヤにおいて、上記タイヤ入力検出手段の内の2つを、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置にそれぞれ配置したことを特徴とするものである。

請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載のセンサ内蔵タイヤにおいて、上記タイヤ入力検出手段を、トレッドブロック接地部の径方向内側に配置したものである。

請求項4に記載の発明は、請求項1ー請求項3のいずれかに記載のセンサ内蔵タイヤにおいて、上記タイヤ入力検出手段を、検出方向がタイヤ径方向である圧力センサから構成したものである。

請求項5に記載の発明は、請求項1ー請求項3のいずれかに記載のセンサ内蔵タイヤにおいて、上記タイヤ入力検出手段を、検出方向がタイヤ周方向である圧力センサから構成したものである。

[0007] 請求項6に記載の発明は、走行中のタイヤの状態を推定する方法であって、請求項1ー請求項5のいずれかに記載のセンサ内蔵タイヤと、車輪速計測手段とを用い、タイヤトレッド部の少なくとも2箇所の接地長を検出し、上記検出された接地長に基づいて、横力や荷重などのタイヤに発生する力を検出して走行中のタイヤの状態を推定するようにしたことを特徴とするものである。

請求項7に記載の発明は、請求項6に記載のタイヤ状態推定方法において、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、上記接地長の比からタイヤの発生する横力を推定するようにしたことを特徴とする。

また、請求項8に記載の発明は、請求項6に記載のタイヤ状態推定方法において、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、これらの接地長の平均値からタイヤに加わっている荷重を推定することを特徴とする。

請求項9に記載の発明は、請求項7に記載のタイヤ状態推定方法において、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、これらの接地長の平均値からタイヤに加わっている荷重を推

定するとともに、この推定された荷重推定値を用いて上記横力推定値を補正するようにしたことを特徴とする。

- [0008] 請求項10に記載の発明は、請求項6に記載のタイヤ状態推定方法において、上記タイヤ入力検出値の接地前半と接地後半のレベル比と、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長の比とからタイヤの姿勢角を推定するようにしたことを特徴とする。

請求項11に記載の発明は、請求項7に記載のタイヤ状態推定方法において、上記タイヤ入力検出値の接地前半と接地後半のレベル比と、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長の比とからタイヤの姿勢角を推定するとともに、この推定された姿勢角推定値を用いて上記横力推定値を補正するようにしたことを特徴とする。

- [0009] 請求項12に記載の発明は、請求項6に記載のタイヤ状態推定方法において、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、上記接地長の比の変化の度合からタイヤがグリップ限界に近づいているかどうかを推定することを特徴とする。

請求項13に記載の発明は、請求項6に記載のタイヤ状態推定方法において、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、上記接地長の比の変化の度合からタイヤと路面との間の摩擦係数(路面摩擦係数)を推定することを特徴とする。

請求項14に記載の発明は、請求項13に記載のタイヤ状態推定方法において、駆動輪の車輪速と従動輪の車輪速とからスリップ率を算出し、この算出されたスリップ率に基づいて、上記推定された路面摩擦係数を補正するようにしたことを特徴とする。

- [0010] また、請求項15に記載の発明は、走行中のタイヤの状態を推定する方法であって、請求項1～請求項5のいずれかに記載のセンサ内蔵タイヤを用いて検出した、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置におけるタイヤ入力検出値の比をモニタリングし、その比が予め設定された閾値を超える時間が所定時間以上継続した場合に、タイヤの片減り摩耗が進行していると推定することを特徴とするものである。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、タイヤトレッド部に作用する路面からの入力を検出するタイヤ入力検出手段を、タイヤベルト層より径方向外側のトレッドゴム内に少なくとも2つ装着したセンサを内蔵したタイヤを車両に装着して走行中のタイヤの状態を検出することにより、走行時のタイヤ踏面の挙動、特に、タイヤ軸方向における接地長の違いを検出することができるようにしたので、タイヤの発生する横力を精度良く検出することが可能となる。また、上記接地長から、タイヤ荷重などの走行中のタイヤ状態やタイヤの姿勢角、更には、路面摩擦係数を精度良く推定することが可能となる。また、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置におけるタイヤ入力検出値の比をモニタリングすることにより、タイヤの片減り摩耗が進行していると推定することもできる。

[0012] このとき、上記タイヤ入力検出手段の内の2つを、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置にそれぞれ配置することにより、上記接地長を更に精度良く測定することができる。このとき、上記タイヤ入力検出手段を、トレッドブロック接地部の径方向内側に配置すれば、接地圧を正確に測定できるとともに、タイヤ摩擦によるセンサ部の露出を避けることができる。

また、上記推定された横力や荷重などの推定値を車両制御にフィードバックすることにより、車両の走行状態を安定して制御することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の最良の形態1に係るタイヤ状態推定装置の構成を示す機能ブロック図である。

[図2]本発明に係るセンサ内蔵タイヤを示す模式図である。

[図3]横力と接地長比との関係を示すグラフである。

[図4]本最良の形態2に係るタイヤ状態推定装置の構成を示す機能ブロック図である。

[図5]荷重と平均接地長との関係を示すグラフである。

[図6]キャンバー角を変えた時の横力と接地長比との関係を示すグラフである。

[図7]スリップ角を変えた時の接地圧の時間変化を示すグラフである。

[図8]キャンバー角を変えた時の接地圧の時間変化を示すグラフである。

[図9]接地長比と、踏み側の接地圧と蹴り側の接地圧の比の関係を示すグラフである。

。

[図10]本最良の形態3に係るタイヤ状態推定装置の構成を示す機能ブロック図である。

[図11]スリップ角と横力との関係を示すグラフである。

[図12]スリップ角と接地長比との関係を示すグラフである。

[図13]接地長比と横力との関係を示すグラフである。

[図14]スラローム走行時におけるホイール6分力計出力と横力推定値の時系列波形を示す図である。

[図15]タイヤ踏面の接地形状を示す模式図である。

符号の説明

- [0014] 10 タイヤ状態推定装置、11A, 11B 圧力センサ、11k 接続ケーブル、
12A, 12B 送信機、13A, 13B バッテリ、14 車輪速センサ、
15 接地長演算手段、16 記憶手段、16M マップ、17 横力推定手段、
20 センサ内蔵タイヤ、21 タイヤトレッド部、
21V トレッドブロック、22 タイヤベルト層、

発明を実施するための最良の形態

- [0015] 以下、本発明の最良の形態について、図面に基づき説明する。

最良の形態1.

図1は、本最良の形態1に係るタイヤ状態推定装置10の構成を示す機能ブロック図で、図2は本発明によるセンサ内蔵タイヤ20の模式図である。このタイヤ状態推定装置10は、センサ内蔵タイヤ20に埋設された、タイヤトレッド部21の所定の位置が路面に接し、路面からの入力が発生したことを検出するための入力検出手段である圧力センサ11A, 11Bと、上記圧力センサ11A, 11Bの検出データ送信するための送信機12A, 12Bと、上記圧力センサ11A, 11B及び上記送信機12A, 12Bに電力を供給するためのバッテリ13A, 13Bと、車輪速検出用のギアセンサなどの車輪速計測手段である車輪速センサ14と、この車輪速センサ14の出力と圧力センサ11A,

11Bの出力とに基づいて、タイヤ20の回転中の接地時間と車輪速とをそれぞれ算出し、上記接地時間と車輪速とを掛けあわせることにより、上記圧力センサ11A, 11Bが埋設された位置の接地長 L_A 及び接地長 L_B をそれぞれ検出する接地長演算手段15と、上記接地長 L_A 及び接地長 L_B の比(接地長比; $R=L_A/L_B$)を算出するとともに、予め記憶手段16に記憶された接地長比Rと横力の大きさとの関係を示すマップ16Mを用いて、上記算出された接地長比Rからタイヤ20の発生する横力を推定する横力推定手段17とを備えている。

なお、上記圧力センサ11A, 11Bは特に限定されるものではなく、例えば、圧電素子や歪ゲージタイプが用いられる。本例では、上記圧力センサ11A, 11Bとして検出方向がタイヤ径方向である圧力センサを用いるとともに、上記圧力センサ11A, 11Bをセンサ内蔵タイヤ20のタイヤトレッド部21のタイヤベルト層22より径方向外側で、トレッドブロック21Vの接地部の径方向内側に位置するトレッドゴム内に埋設した。

- [0016] タイヤ20に横力が発生すると、タイヤ20は、図15に示すように、その接地形状がタイヤ軸方向中心に対して一方の側の接地長が長くなり、他方の側が短くなるので、上記圧力センサ11A, 11Bの配置としては、タイヤ軸方向中心に対して車体側と反車体側にそれぞれ位置することが好ましい。本例では、図2に示すように、上記圧力センサ11A, 11Bをタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置にある2つの第2ブロックの径方向内側にそれぞれ配置した。

なお、バッテリー13A, 13Bの代わりに小型発電装置を用いて圧力センサ11A, 11Bや送信機12A, 12Bを駆動してもよい。更には、外部から無線給電できるように受信回路を設けて、圧力センサ11A, 11Bや送信機12A, 12Bを駆動するようにすれば、上記バッテリー13A, 13Bを省略することが可能である。

- [0017] 次に、上記構成のタイヤ状態推定装置10を用いてタイヤに発生する横力を推定する方法について説明する。

上記圧力センサ11A, 11Bが埋設された位置に対応するトレッドブロック21Vの接地部が路面に接すると、上記圧力センサ11A, 11Bにはタイヤ径方向の圧力が作用するので、上記圧力センサ11A, 11Bからは上記圧力値に相当する出力信号が出力される。上記圧力値の信号は送信機12A, 12Bから接地長演算手段15に送られ

る。一方、車輪速センサ14からは車輪速が上記接地長演算手段15に送られる。

接地長演算手段15では、上記出力信号の継続時間を計測するとともに、上記継続時間と車輪速とを乗算することにより、上記圧力センサ11A, 11Bが埋設された位置に対応するトレッドブロック21Vの接地長 L_A 及び接地長 L_B をそれぞれ算出する。横力推定手段17では、上記接地長 L_A と接地長 L_B とを用いて接地長比 $R = L_A / L_B$ を算出し、予め記憶手段16に記憶された接地長比Rと横力の大きさとの関係を示すマップ16Mを用いて、上記算出された接地長比Rからタイヤ20の発生する横力を推定する。

本例では、上記圧力センサ11A, 11Bを、図2に示すように、タイヤ軸方向中心に対して等距離に配設しているので、図3に示すように、上記算出された接地長比 $R = L_A / L_B$ と横力の大きさとは線形性の高い関係を有しており、また相関性が高い。したがって、上記接地長比Rと、上記図3のデータに基づいて作成されたマップ16Mとを用いてタイヤ20の発生する横力を推定するようにすれば、横力を精度良く推定することができる。

[0018] このように、本最良の形態1によれば、車両に、タイヤトレッド部21のタイヤベルト層22より径方向外側で、トレッドブロック21Vの接地部の径方向内側に位置するトレッドゴム内に、検出方向がタイヤ径方向である圧力センサ11A, 11Bを、タイヤ軸方向中心に対して等距離に埋設したセンサ内蔵タイヤ20を搭載し、接地長演算手段15により、上記圧力センサ11A, 11Bからの圧力値の継続時間と車輪速センサ14からの車輪速とを用いて、上記タイヤ20のタイヤ軸方向中心に対して車体側の接地長 L_A と反車体側の接地長 L_B とを算出し、横力推定手段17にて、接地長比 $R = L_A / L_B$ を算出するとともに、接地長比Rと横力との関係を示すマップ16Mを用いて、タイヤ20の発生する横力を推定するようにしたので、横力を精度良く推定することができる。

[0019] 最良の形態2.

上記最良の形態1では、センサ内蔵タイヤ20のタイヤ軸方向中心に対して車体側の接地長 L_A と反車体側の接地長 L_B との比である接地長比 $R = L_A / L_B$ を算出して横力を推定する場合について説明したが、図4に示すように、荷重推定手段18を設け、上記接地長 L_A 及び接地長 L_B との平均値である平均接地長 L_{AB} を算出し、この平均

接地長 L_{AB} を用いて、上記タイヤ20に加わる荷重を推定するようにすれば、横力とともに荷重についても推定することのできるタイヤ状態推定装置10Aを構成することができる。

タイヤ20に横力が発生すると、図15に示すように、その接地形状はタイヤ軸方向中心に対して一方の側の接地長が長くなり、他方の側が短くなるため、1点の接地長のみで荷重を推定しようとする、横力の影響が出てしまう。すなわち、同じ荷重が加わっても、横力入力時には一方の接地長が長くなり、他方が短くなる。しかしながら、平均接地長 L_{AB} と荷重とは、横力発生中であっても、図5に示すように、線形性の高い関係を有しており、また相関性が高い。

そこで、本例では、荷重推定手段18において、上記接地長演算手段15で得られたタイヤ軸方向中心に対して車体側の接地長 L_A と反車体側の接地長 L_B との平均値である平均接地長 L_{AB} を算出し、この算出された平均接地長 L_{AB} と、上記図5のデータに基づいて作成され、予め記憶手段16に記憶された平均接地長と荷重との関係を示すマップ16Aとを用いて、タイヤに加わる荷重を求めるようにしている。これにより、横力が発生した場合でもタイヤに加わる荷重を正確に求めることができる。

[0020] 上記タイヤに加わる荷重の変動は、より短い時間で発生するパラメータであるので、例えば、4輪の荷重配分を推定することにより、車輪の制駆動力を制御して適正な車両姿勢制御を行うことができるので、車両の走行安全性を向上させることができる。

また、上記横力はタイヤに加わる荷重によって変化するので、横力補正手段17Sを設けて、上記推定された荷重に基づいて上記横力推定手段17で推定された横力を補正するようにすれば、横力の推定精度を更に向上させることができる。

[0021] ところで、上記接地長比 R と横力との関係は、図6に示すように、路面に対するタイヤの角度である姿勢角(キャンバー角)によっても変わる。すなわち、それぞれのキャンバー角では、接地長比と横力とは良い相関を示しているが、キャンバー角が変わると接地長比と横力との関係はずれてしまう。例えば、横力が0でキャンバー角が0°の状態では接地長比は1であるが、キャンバー角が+3°では接地長比が約1.3になる。すなわち、同じ接地形状でも、スリップ角によるものとキャンバー角によるものとは、タイヤの振じれ度合が異なることから、発生する横力も異なる。

しかしながら、接地圧の時間変化、すなわち、上記圧力センサ11A, 11Bで検出された圧力検出値 P_A あるいは圧力検出値 P_B の時間変化をみると、図7に示すように、スリップ角が大きくなると、その接地長が大きい側の接地圧は接地前半(踏み側)では大きく、接地後半(蹴り側)では小さくなる。一方、キャンバー角が大きくなった場合には、図8に示すように、接地前半と後半とでの接地圧は殆ど変わらない。そこで、接地前半の接地圧に対する接地後半の接地圧の比である接地圧比を算出して、接地長比 R と上記接地圧比との関係をグラフにすると、図9に示すように、キャンバー角を変化させたグラフは、キャンバー角 0° のグラフをほぼ水平移動したものになる。すなわち、本グラフ上では、ある時点からキャンバー角が高くなれば右方向へ、スリップ角が高くなれば右上方向に動くことになる。したがって、本グラフを用いれば、接地長比 R と接地圧比の値から、キャンバー角及びスリップ角を推定することが可能となる。

また、この推定されたキャンバー角を用いて、接地長比 R から求めた横力を補正するようにすれば、タイヤ20に発生する横力を精度よく推定することができる。

更に、4輪のキャンバー角がわかれば、車輪のキャンバー角に加えて路面の傾斜具合も推定できるので、これを車両の姿勢制御に適用すれば、車両の走行安定性を向上させることができる。

[0022] 最良の形態3.

最良の形態1, 2では、圧力センサ11A, 11Bからの圧力値の継続時間と車輪速センサ14からの車輪速とを用いて接地長比 $R = L_A / L_B$ や平均接地長 L_{AB} を算出して横力や荷重を推定するタイヤ状態推定装置10, 10Aについて説明したが、図10に示すように、上記タイヤ状態推定装置10に、グリップ力判定手段19を設けて、横力推定手段17で算出された接地長比 $R = L_A / L_B$ の変化の度合からタイヤがグリップ限界に近づいているかを推定するようにしてもよい。

横力が最大に近づいているとき、すなわち、タイヤグリップ限界に近づいていることを判定することは、車両制御あるいは運転者への警告として有用である。本発明では接地長比 $R = L_A / L_B$ をモニタリングしているので、グリップ力判定手段19にて、上記接地長比 $R = L_A / L_B$ の変化の度合が予め設定された閾値を超えたときにタイヤがグリップ限界に近づいていると判定するとともに、上記判定結果に従って適正な車両姿

勢制御を行ったり、別途、運転者への警告信号を発する装置を構成して運転者に警告することにより、車両の走行安全性を確保することができる。

なお、上記判定としては、同時に操舵角や車速を検出しておき、これらの値が増加しているにもかかわらず接地長比 $R=L_A/L_B$ が増加しなくなってきたらタイヤがグリップ限界に近づいていると判定するようにしてもよい。

- [0023] ところで、上記接地長比 $R=L_A/L_B$ の変化の度合をモニタリングし、タイヤがグリップ限界に近づいていると判定した際に、その接地長比 R が所定の値より小さい場合には限界グリップ力が小さく、したがって、タイヤと路面間の摩擦係数が低いと考えられる。そこで、予め、路面摩擦係数の異なる様々な路面において限界接地長比を求めておくことで路面摩擦係数を推定することができる。この路面摩擦係数の情報はABSブレーキや車体制御に有用であるので、上記接地長比 R の変化の度合から推定された路面摩擦係数をフィードバックすることにより、車両の走行安定性を更に向上させることができる。また、低摩擦係数路面においては、例えば、操舵角に対して接地長比 R の変化の度合が小さい、すなわち、横力の変化の度合が小さくなるので、この現象を利用して路面摩擦係数を判断してもよい。

但し、タイヤは摩擦円の法則に従うことが知られている。すなわち、前後スリップ率が高くなると、タイヤ踏面内のすべり領域が増大し限界横力が低下する。これにより、接地長比 $R=L_A/L_B$ の限界値も低くなるので、駆動輪の車輪速と従動輪の車輪速とからスリップ率を算出し、この算出されたスリップ率に基づいて、上記推定された路面摩擦係数を補正することが好ましい。

- [0024] また、タイヤが片減り摩耗していく過程では、上記圧力センサ11A、11Bで検出された圧力検出値 P_A 及び圧力検出値 P_B とが異なってくるので、上記圧力検出値 P_A 及び圧力検出値 P_B との比 $S=P_A/P_B$ をモニタリングしておき、上記比 S が予め設定された閾値を超える時間が所定時間以上継続した場合に、タイヤの片減り摩耗が進行していると推定することができる。したがって、片減り摩耗が進行していると推定される場合には、運転者への警告信号を発する装置を構成して運転者に警告することにより、メンテナンスを促し、車両運動性能の低下に伴う事故を未然に防止することができる。

[0025] なお、上記最良の形態1〜3では、圧力センサ11A, 11Bをタイヤトレッド部21のトレッドブロック21Vのうち、軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置である2つの第2ブロックの径方向内側にそれぞれ配置したが、これに限るものではなく、ショルダー部のブロックなど、タイヤの幅やブロック形状等により適宜決定されるものである。なお、圧力センサ11A, 11Bの埋設位置としては、剛体であるタイヤベルト層22と路面間のトレッドゴム内に埋設することが好ましいが、摩擦によるセンサ部の露出を避けるためには、できるだけタイヤベルト層22に近い位置が好ましい。

また、圧力センサ11A, 11Bの個数は2個に限るものではなく、例えば、周上に2箇所の合計4個のセンサを用いるなど、センサ個数を増やすことにより、精度や応答性を向上させることができる。

[0026] また、上記例では、検出方向がタイヤ径方向である圧力センサを用いたが、検出方向がタイヤ周方向である圧力センサを用いても同様の効果を得ることができる。すなわち、本発明では、接地長を検出する際に圧力センサを用いているが、良く知られているように、接地部では周方向剪断力が発生するために、圧力センサの検出方向を周方向としても、接地状態に応じた出力が発現する。したがって、適切な波形処理によって、高い精度の接地長検出が可能となる。また、接地部前半／後半の接地圧比、あるいは、片べり摩耗に至る過程における2つの圧力センサの出力比も、検出方向が周方向の時と同様な傾向となるので、周方向用のマップさえ適正に作成すれば、検出方向が径方向である場合と同様な、本発明の推定が可能である。

実施例

[0027] 図2に示す形態の、サイズ185／70R14のセンサ内蔵タイヤを用い、フラットベルト試験機上でスリップ角を変化させながら横力及び接地長の測定を行った。なお、タイヤの内圧は200kPa、荷重は4kN、走行速度は30km／hrとし、接地長比は第2ブロック部にて圧力センサを用いて測定した。

図11及び図12は、それぞれ、スリップ角に対する横力と接地長比との関係を示すグラフである。図13に示すように、横軸を接地長比とし、縦軸を横力としたグラフを作成すると、接地長比と横力とはグリップ限界近傍までかなりよい直線相関性を有している。

なお、速度やタイヤサイズを変えても同様の結果が得られた。

これにより、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、上記接地長の比を求めることにより、タイヤの発生する横力を精度良く推定できることが確認された。

- [0028] また、同タイヤを市販のホイール6分力計に取り付け、更に、本タイヤホイールを乗用車の左前輪に装着し、同タイヤの出力による荷重推定値及び横力推定値をホイール6分力計出力値と比較した。走行はスラローム試験及び円旋回試験を実施した。図14は、スラローム走行時におけるホイール6分力計出力と横力推定値の時系列波形を示す図で、実線は横力推定値、破線はホイール6分力計出力の時系列波形である。図から明らかなように、横力推定値の波形とホイール6分力計出力値の波形とは略一致していることがわかる。また、スラローム走行時における荷重推定値、及び、円旋回走行時における横力推定値、荷重推定値についても、ホイール6分力計出力値と非常によい相関を示すことが確認された。

すなわち、タイヤ姿勢角が変化する実際の車両装着状態においても、本発明が有効であることが明らかになった。

産業上の利用可能性

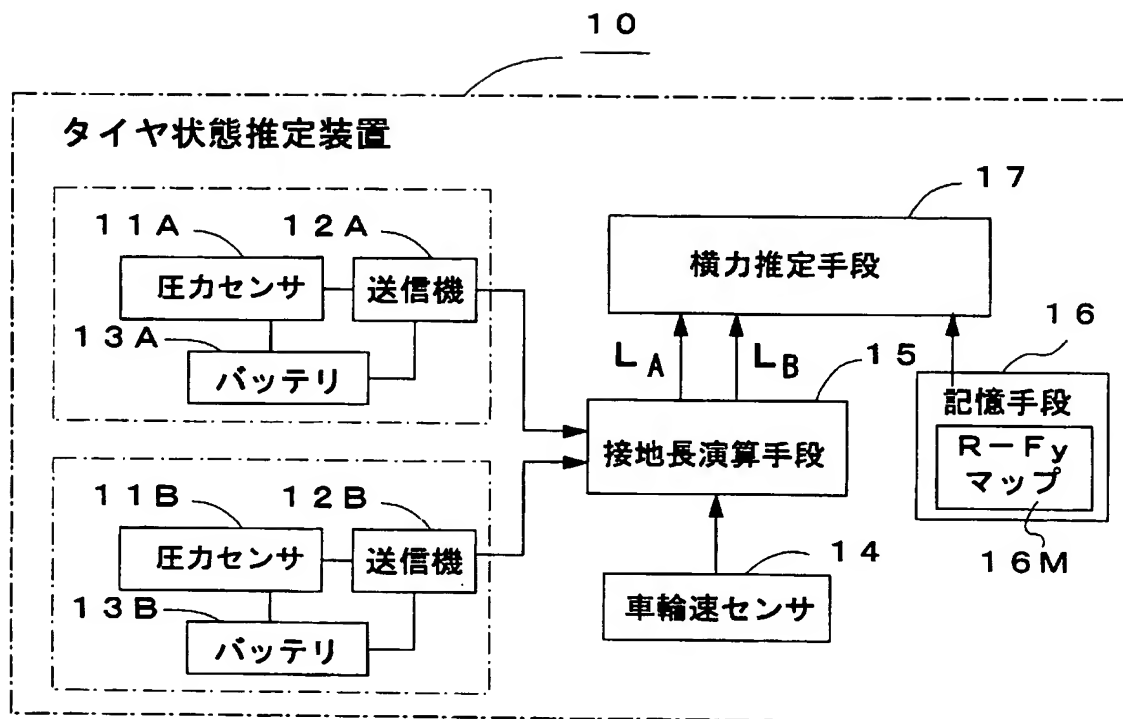
- [0029] 以上説明したように、本発明によれば、タイヤ踏面の幅方向における少なくとも2箇所を入力を検出するタイヤ入力検出手段を装着し、上記接地長を精度良く検出することができるセンサ内蔵タイヤを用いることにより、タイヤの発生する横力やタイヤに加わる荷重やタイヤの片減り摩耗などのタイヤ状態や、タイヤと路面との間の摩擦係数を精度良く推定することができる。したがって、上記情報を車両制御へフィードバックすることにより、車両の走行安定性を格段に向上させることができる。

請求の範囲

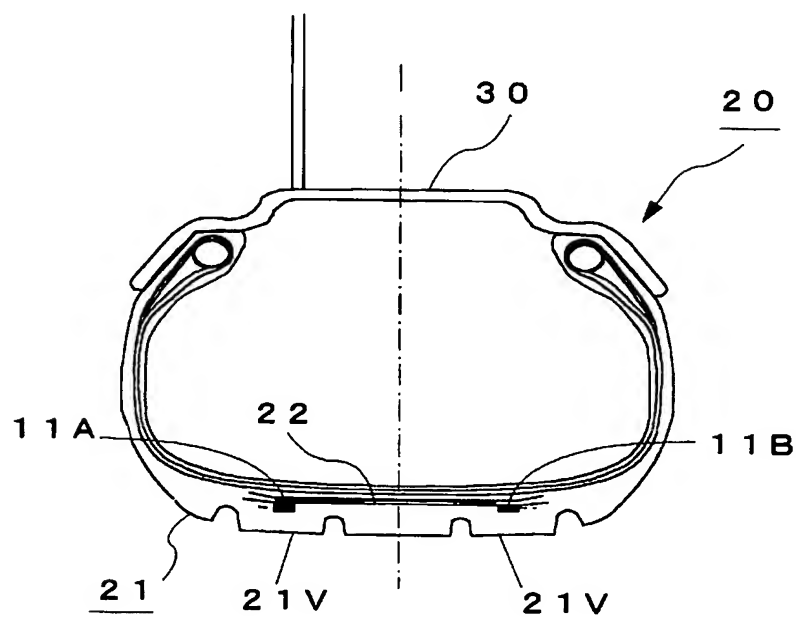
- [1] 走行中のタイヤの状態を検出するためのセンサを内蔵したタイヤであって、タイヤトレッド部に作用する路面からの入力を検出するタイヤ入力検出手段を、タイヤベルト層より径方向外側のトレッドゴム内に少なくとも2つ装着したことを特徴とするセンサ内蔵タイヤ。
- [2] 上記タイヤ入力検出手段の内の2つを、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置にそれぞれ配置したことを特徴とする請求項1に記載のセンサ内蔵タイヤ。
- [3] 上記タイヤ入力検出手段を、トレッドブロック接地部の径方向内側に配置したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のセンサ内蔵タイヤ。
- [4] 上記タイヤ入力検出手段を、検出方向がタイヤ径方向である圧力センサから構成したことを特徴とする請求項1ー請求項3のいずれかに記載のセンサ内蔵タイヤ。
- [5] 上記タイヤ入力検出手段を、検出方向がタイヤ周方向である圧力センサから構成したことを特徴とする請求項1ー請求項3のいずれかに記載のセンサ内蔵タイヤ。
- [6] 請求項1ー請求項5のいずれかに記載のセンサ内蔵タイヤと、車輪速計測手段とを用い、タイヤトレッド部の少なくとも2箇所の接地長を検出し、上記検出された接地長に基づいて走行中のタイヤの状態を推定するようにしたことを特徴とするタイヤ状態推定方法。
- [7] タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、上記接地長の比からタイヤの発生する横力を推定することを特徴とする請求項6に記載のタイヤ状態推定方法。
- [8] タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、これらの接地長の平均値からタイヤに加わっている荷重を推定することを特徴とする請求項6に記載のタイヤ状態推定方法。
- [9] タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、これらの接地長の平均値からタイヤに加わっている荷重を推定するとともに、この推定された荷重推定値を用いて上記横力推定値を補正するようにしたことを特徴とする請求項7に記載のタイヤ状態推定方法。

- [10] 上記タイヤ入力検出値の接地前半と接地後半のレベル比と、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長の比とからタイヤの姿勢角を推定することを特徴とする請求項6に記載のタイヤ状態推定方法。
- [11] 上記タイヤ入力検出値の接地前半と接地後半のレベル比と、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長の比とからタイヤの姿勢角を推定するとともに、この推定された姿勢角推定値を用いて上記横力推定値を補正するようにしたことを特徴とする請求項7に記載のタイヤ状態推定方法。
- [12] タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、上記接地長の比の変化の度合からタイヤがグリップ限界に近づいているかどうかを推定するようにしたことを特徴とする請求項6に記載のタイヤ状態推定方法。
- [13] タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置における接地長をそれぞれ検出し、上記接地長の比の変化の度合からタイヤと路面間の摩擦係数を推定することを特徴とする請求項6に記載のタイヤ状態推定方法。
- [14] 駆動輪の車輪速と従動輪の車輪速とからスリップ率を算出し、この算出されたスリップ率に基づいて、上記推定された路面摩擦係数を補正するようにしたことを特徴とする請求項13に記載のタイヤ状態推定方法。
- [15] 請求項1～請求項5のいずれかに記載のセンサ内蔵タイヤを用いて検出した、タイヤトレッド部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置におけるタイヤ入力検出値の比をモニタリングし、その比が予め設定された閾値を超える時間が所定時間以上継続した場合に、タイヤの片減り摩耗が進行していると推定することを特徴とするタイヤ状態推定方法。

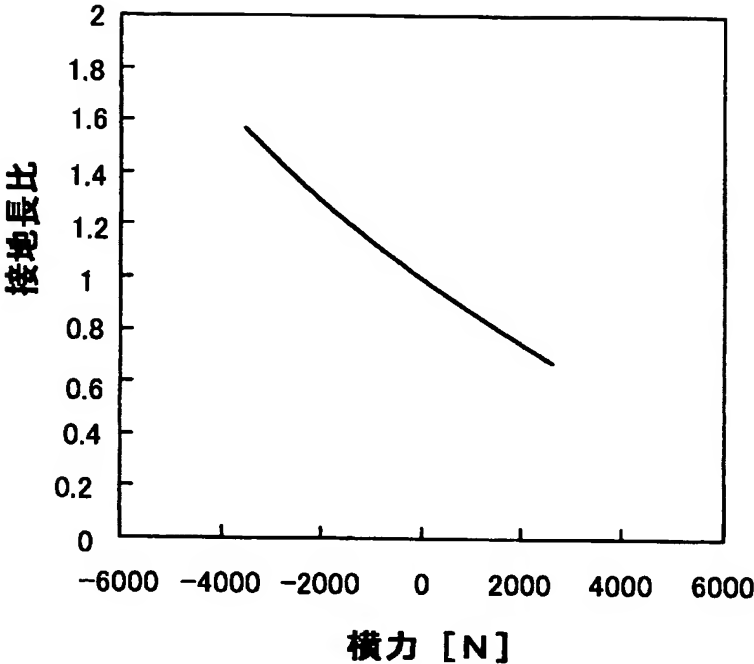
[図1]



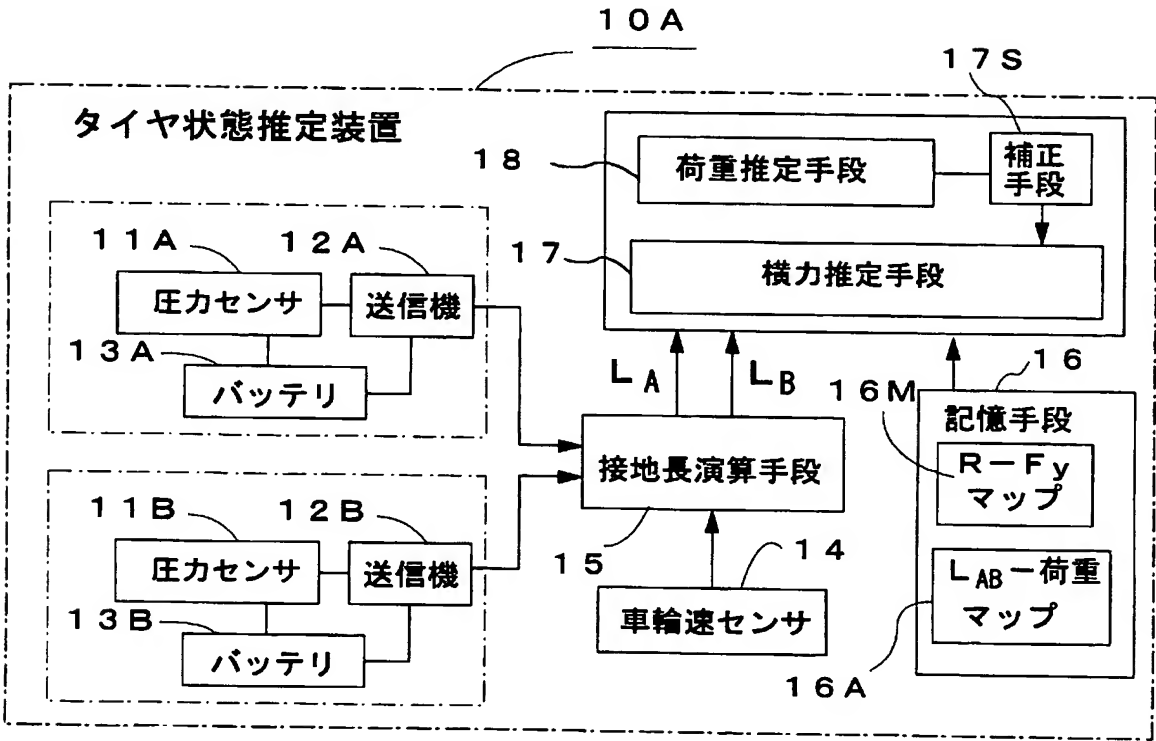
[図2]



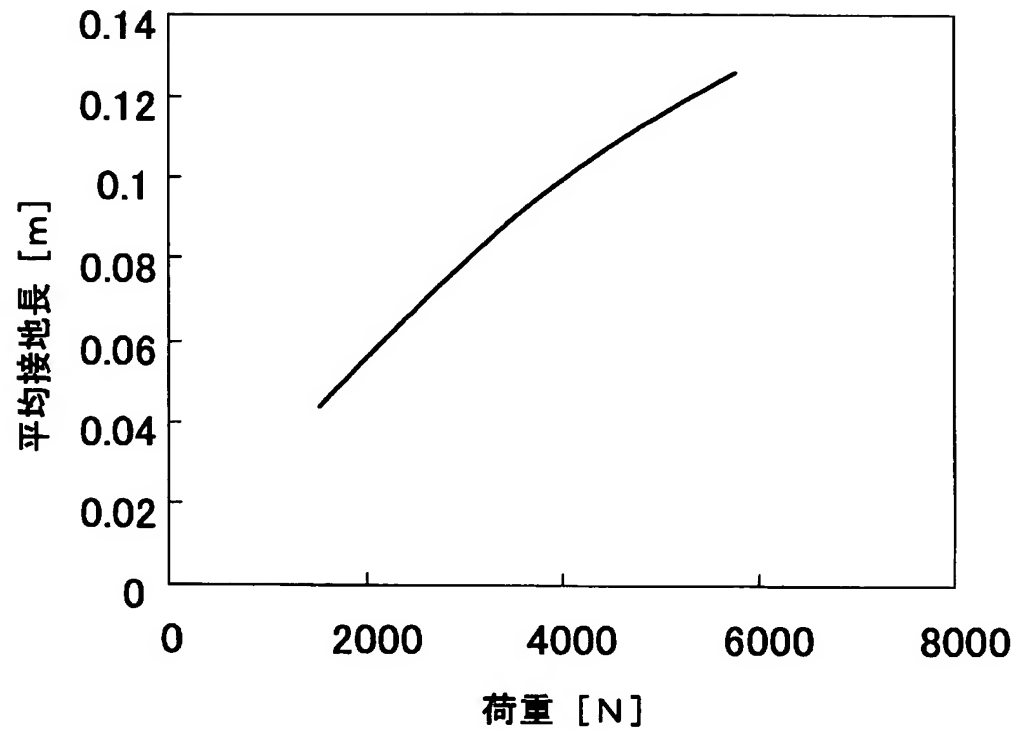
[図3]



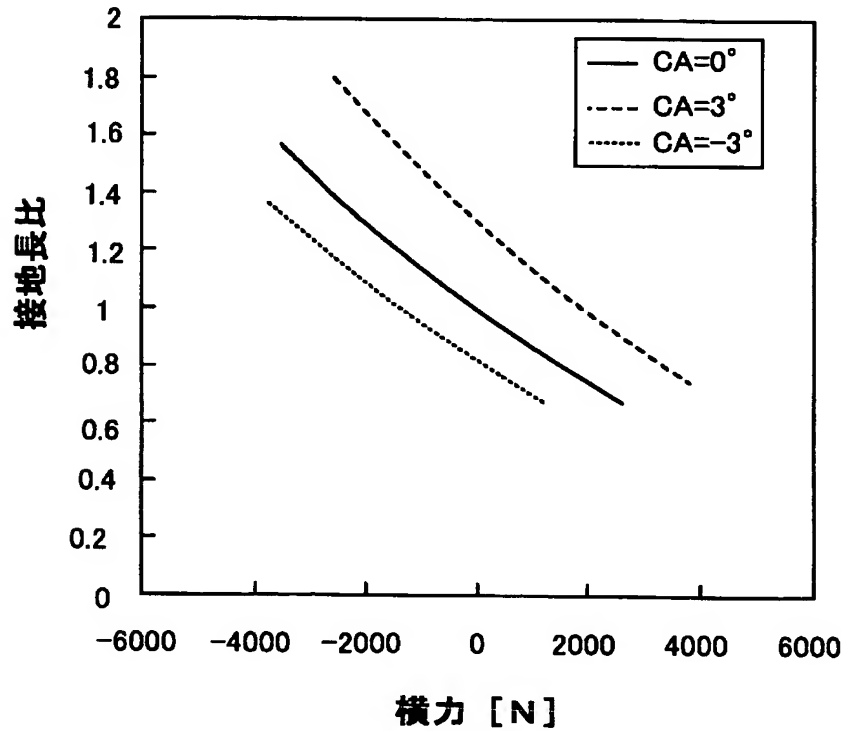
[図4]



[図5]

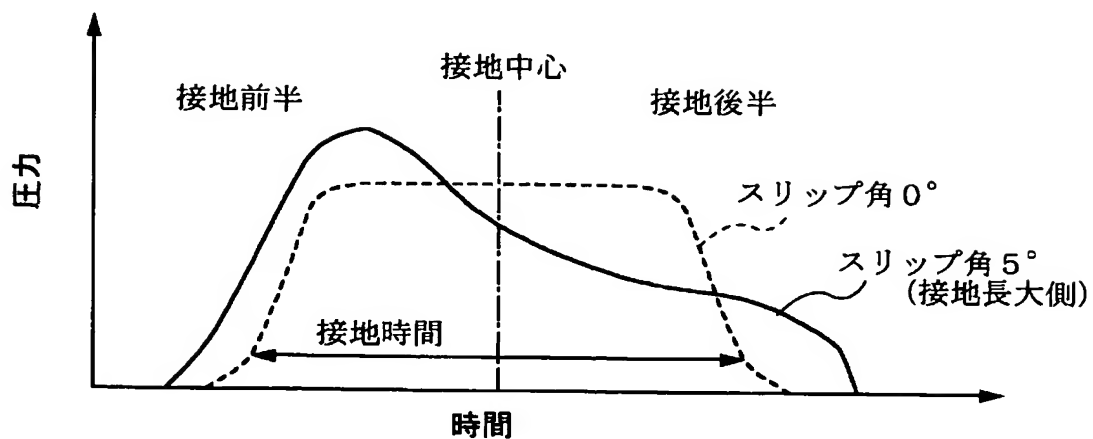


[図6]



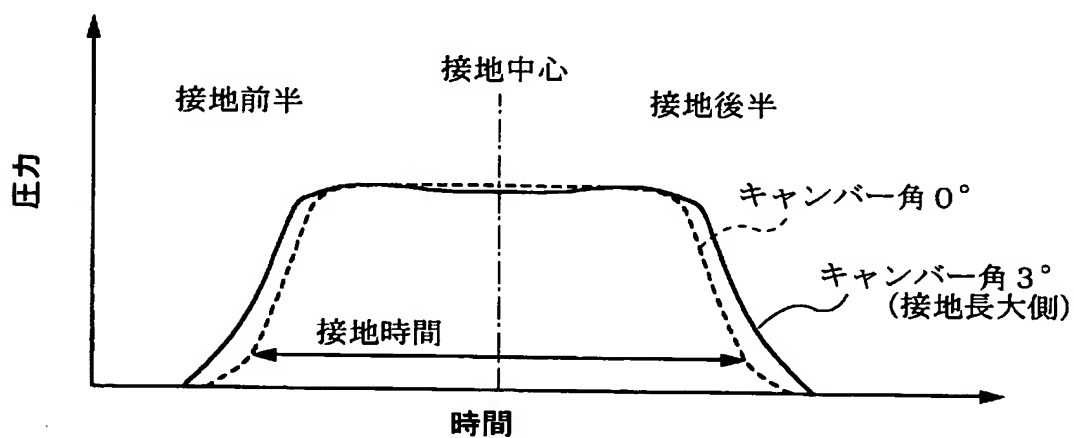
[図7]

スリップ角依存

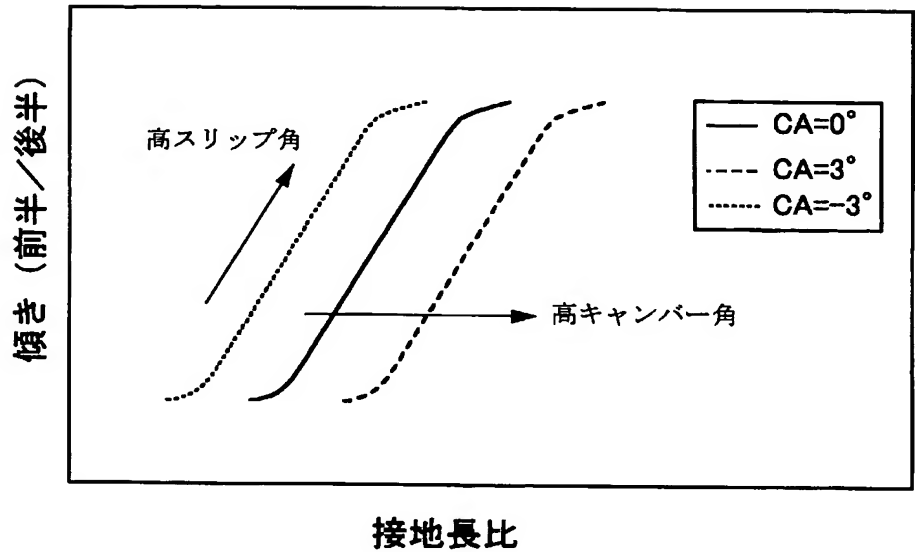


[図8]

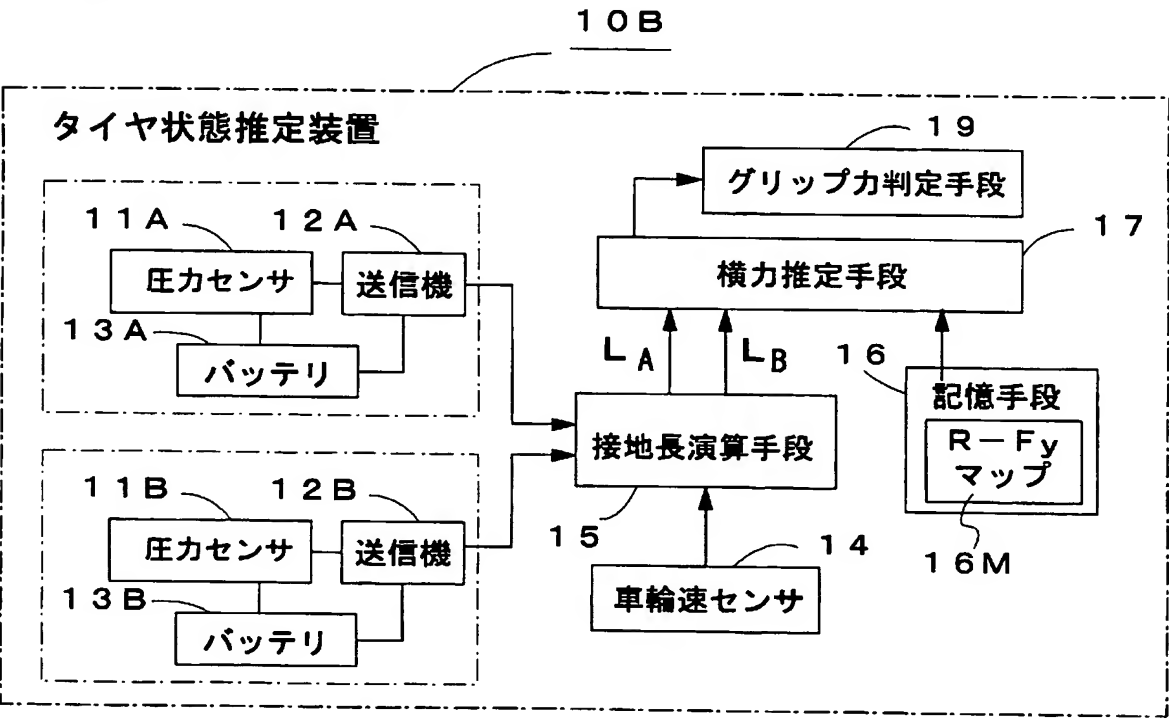
キャンバー角依存



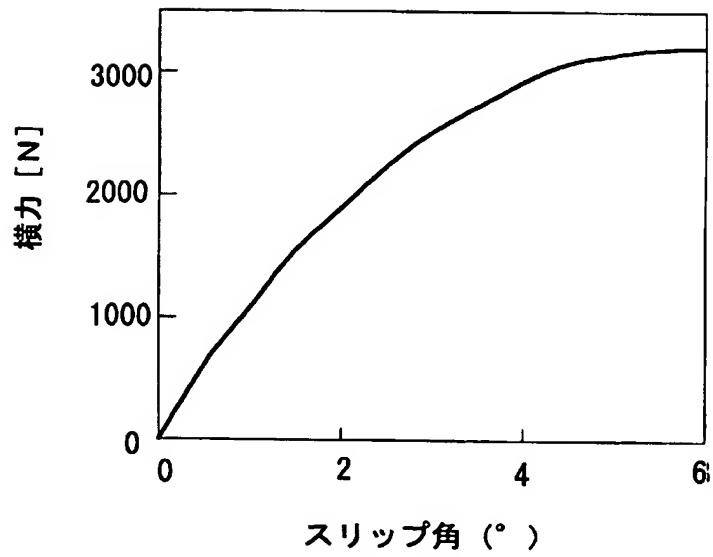
[図9]



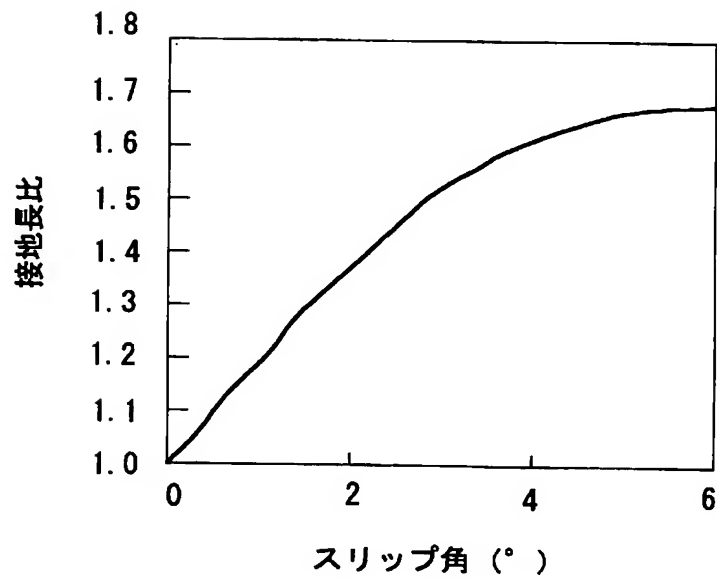
[図10]



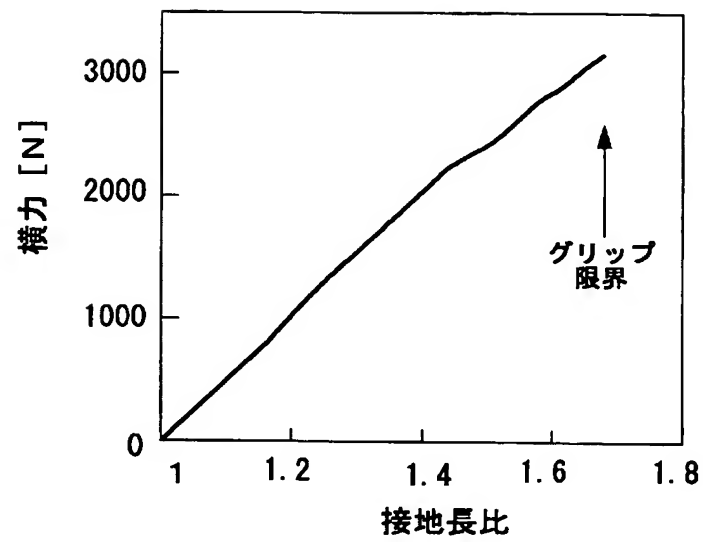
[図11]



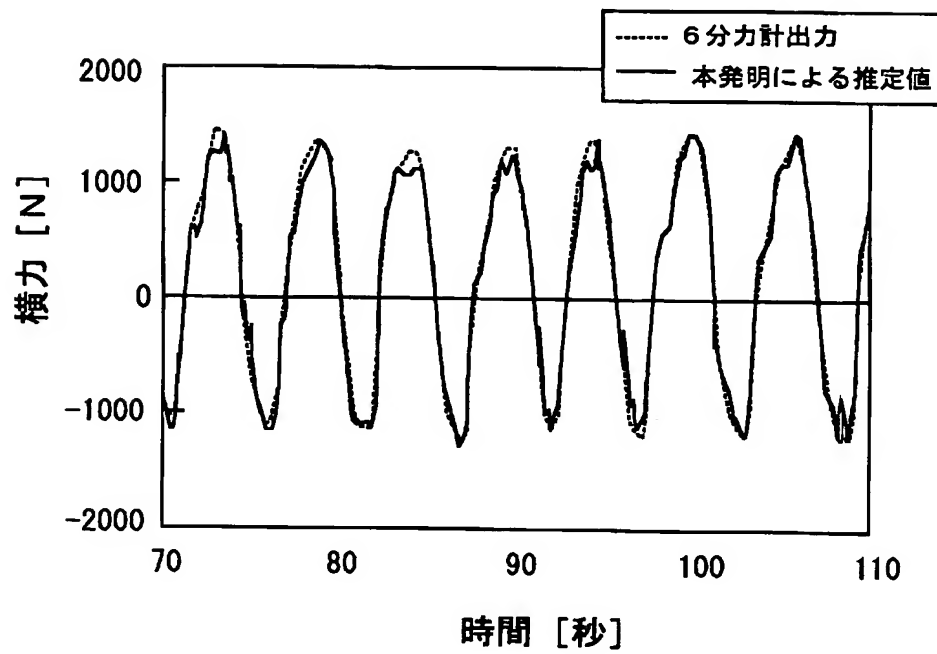
[図12]



[図13]

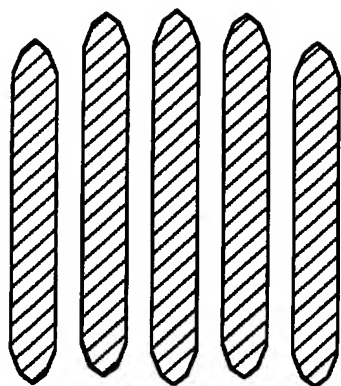


[図14]



[図15]

(a)



(b)

